

**STUDI EKSPERIMEN FLASH DRYER DENGAN VARIASI
KETINGGIAN CYCLONE SEPARATOR DAN TEMPERATUR UDARA
PENGERINGAN TERHADAP KUALITAS HASIL PENGERINGAN
TEPUNG TAPIOKA DENGAN MASSA 2KG**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I
pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik**

Oleh:

Dicky Ardian Nugraha
D 200 150 264

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2019**

HALAMAN PERSETUJUAN

**STUDI EKSPERIMEN FLASH DRYER DENGAN VARIASI KETINGGIAN
CYCLONE SEPARATOR DAN TEMPERATUR UDARA PENGERINGAN
TERHADAP KUALITAS HASIL PENGERINGAN TEPUNG TAPIOKA DENGAN
MASSA 2KG**

PUBLIKASI ILMIAH

Oleh :

DICKY ARDIAN NUGRAHA
D200150264

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen
Pembimbing



Ir. Sartono Putro, M.T.
NIK.737

HALAMAN PENGESAHAN

**STUDI EKSPERIMEN FLASH DRYER DENGAN VARIASI KETINGGIAN
CYCLONE SEPARATOR DAN TEMPERATUR UDARA PENGERINGAN
TERHADAP KUALITAS HASIL PENGERINGAN TEPUNG TAPIOKA DENGAN
MASSA 2KG**

OLEH

DICKY ARDIAN NUGRAHA

D200150264

**Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada hari Senin, 13 Mei 2019
dan dinyatakan telah memenuhi syarat**

Dewan Penguji:

- 1. Ir. Sartono Putro, M.T.
(Ketua Dewan Penguji)**
- 2. Muhammas Sykron, S.T., M.Eng., Ph.D
(Anggota I Dewan Penguji)**
- 3. Ir. Subroto, M.T.
(Anggota II Dewan Penguji)**

(.....)
(.....)
(.....)

Dekan



Ir. Sri Sunarjono, M.T., Ph.D.

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam publikasi ilmiah ini tidak terdapat yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 15 Mei 2019

Penulis



DICKY ARDIAN NUGRAHA

D200150264

STUDI EKSPERIMEN FLASH DRYER DENGAN VARIASI KETINGGIAN CYCLONE SEPARATOR DAN TEMPERATUR UDARA PENGERINGAN TERHADAP KUALITAS HASIL PENGERINGAN TEPUNG TAPIOKA DENGAN MASSA 2KG

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui variasi optimal dari ketinggian *cyclone* serta variasi temperatur udara pengeringan dalam proses pengeringan pada adonan tepung basah, khususnya pada tepung kanji dengan menggunakan suatu alat yaitu *flash dryer*. Proses penelitian yang dilakukan adalah menggunakan *flash dryer* 1 *cyclone* pada ketinggian 2,50 meter, 3,50 meter, 4,50 meter dengan memberikan variasi temperatur 100°C, 110°C, dan 120°C. Adonan tepung yang sudah dicampur dengan air sebesar 1300 ml dimasukkan ke dalam *screw conveyor* menuju *hammer mill*, kemudian pada *flash dryer* dialiri udara panas secara berkelanjutan dari *air heater* untuk mengeringkan adonan tepung tersebut, tepung yang sudah kering selanjutnya keluar melalui *cyclone separator*. Dari penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi ketinggian *cyclone* : kuantitas tepung yang keluar semakin sedikit dan mengalami kondisi maksimum tepung yang keluar sebesar 2,1kg pada ketinggian 2,5 meter dengan temperatur 120°C, temperatur akhir tepung keluar (T_2) semakin turun dan mengalami kondisi maksimum sebesar 39°C pada ketinggian 2,5 meter dengan temperatur 120°C, kadar air semakin turun dan mengalami kondisi kadar air maksimum yang dapat dikeringkan sebesar 14,651%. Pada ketinggian 4,5 meter dengan temperatur 120°C, waktu tinggal semakin meningkat dan mengalami kondisi maksimum selama 7,65 detik pada ketinggian 4,5 meter dengan temperatur 100°C.

Kata Kunci : flash dryer, cyclone, temperatur.

Abstract

This study aims to determine the optimal variation of the cyclone height and variation of the drying air temperature of the drying process on wet flour dough, especially starch, using a flash dryer. The research done using 1 cyclone flash dryer at 2.50 meters, 3.50 meters, 4.5 meters high with variations temperatures of 100°C, 110°C, and 120°C. The flour mixture that has been mixed with 1300 ml of water to be put in the screw conveyor into the hammer mill, and then hot air get flowed through the flash dryer continuously to dry the flour mixture, the dried flour then exit through the cyclone separator. From the research that has been done, it can be concluded that the higher the height of the cyclone: the smaller the quantity of flour that comes out and the maximum condition of flour that comes out is 2.1 kg at an altitude of 2.5 meters at 120°C, the final temperature of flour exits (T_2) went down and experienced a maximum condition of 39°C at an altitude of 2.5 meters with a temperature of 120°C, the water content dropped and experienced a condition of maximum moisture content that could be drained by 14.651%. At an altitude of 4.5 meters with a temperature of 120°C, the residence time increases and experiences a maximum condition of 7.65 seconds at an altitude of 4.5 meters with a temperature of 100°C.

Keywords: flash dryer, cyclone, temperature.

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara tropis yang terdapat banyak tanaman yang tumbuh subur di dalamnya, salah satunya adalah singkong, singkong dapat diubah menjadi tepung yang digunakan sebagai bahan dasar pembuat makanan pada usaha skala besar maupun usaha skala kecil (UKM), ada 2 jenis tepung yang dapat dihasilkan dari pengolahan singkong yaitu tepung kasava dan tepung tapioka. Terdapat perbedaan pada proses pembuatan kedua tepung tersebut.

Pengeringan adalah suatu proses penguapan kandungan air dari suatu produk, sampai mencapai kandungan air kesetimbangan. Air yang diuapkan tersebut, merupakan air bebas yang terdapat pada permukaan produk maupun air terikat yang berada dalam produk. Pengeringan bisa diartikan juga proses pemindahan/pengeluaran kandungan air bahan hingga mencapai kandungan tertentu agar kecepatan kerusakan bahan dapat diperlambat. (Bambang Kusharjanto, 2013)

Pada pengeringan tepung ada 2 cara yaitu pengeringan tepung secara konvensional dan pengeringan dengan menggunakan alat salah satunya adalah *flash dryer*. Pada umumnya pengeringan tepung dilakukan dengan menggunakan sinar matahari, pada pengeringan secara tradisional menggunakan sinar matahari ini tentu banyak hambatan seperti cuaca yang tidak menentu, kontaminasi kotoran, temperatur berubah-ubah dan lain-lain. Terlebih pada bulan-bulan dengan curah hujan yang cukup tinggi menyebabkan pengeringan tepung menjadi terganggu bahkan terhalang yang secara tidak langsung akan menurunkan kualitas tepung itu sendiri. Salah satu solusi yang dapat diterapkan untuk meminimalkan kendala tersebut adalah menggunakan metode pengeringan *pneumatic / flash drying* dengan alat yang disebut dengan *flash dryer*.

Pneumatic drying adalah proses pengeringan yang memanfaatkan media udara sebagai pembawa panas dan bahan yang dikeringkan dengan proses yang terjadi dalam waktu singkat. Metode ini relatif sederhana dalam operasi, sedikit membutuhkan tempat, sesuai untuk pengeringan bahan makanan yang peka terhadap panas, dan sistem kontrol umumnya dapat merespon dengan sangat cepat terhadap perubahan kondisi operasional proses pengeringan. Pengeringan tepung secara

pneumatik dilakukan di dalam saluran pipa pengering sehingga tepung yang dihasilkan bersih dan bebas dari kotoran. (Yus Witdarko dkk, 2016).

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisa variasi ketinggian *cyclone separator* dan *Temperature* udara terhadap hasil pengeringan tepung tapioka. Alat pengering yang digunakan dalam penelitian ini adalah tipe *flash dryer* hasil eksperimen civitas akademika Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas perumusan masalah yang dapat diambil dari penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh variasi ketinggian *cyclone separator* dan *temperature* udara pengeringan (T_1) terhadap perubahan massa tepung (m_2) yang keluar?
2. Bagaimana pengaruh variasi ketinggian *cyclone separator* dan *temperature* udara pengeringan (T_1) terhadap *Temperature* akhir pengeringan (T_2)?
3. Bagaimana pengaruh ketinggian *cyclone separator* dan *temperature* udara pengeringan (T_1) terhadap waktu tinggal (waktu pertama adonan tepung masuk ke dalam *inlet* tepung sampai dengan waktu pertama tepung keluar dari *outlet* tepung)?
4. Bagaimana pengaruh variasi ketinggian *cyclone separator* dan *temperature* udara pengeringan (T_1) terhadap kadar air akhir tepung (MC_2)?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui pengaruh variasi ketinggian *cyclone separator* dan *temperature* udara pengeringan (T_1) terhadap perubahan massa tepung (m_2) yang keluar.
2. Mengetahui pengaruh variasi ketinggian *cyclone separator* dan *temperature* udara pengeringan (T_1) terhadap *Temperatur* akhir pengeringan (T_2).
3. Mengetahui Bagaimana pengaruh ketinggian *cyclone separator* dan *temperature* udara pengeringan (T_1) terhadap waktu tinggal (waktu pertama adonan tepung masuk ke dalam *inlet* tepung sampaiwaktu pertama tepung keluar dari *outlet* tepung).
4. Mengetahui pengaruh variasi ketinggian *cyclone separator* dan *temperature* udara pengeringan (T_1) terhadap kadar air akhir tepung (MC_2).

1.4 Batasan Masalah

Agar pembahasan penelitian ini tidak melebar pada topik yang lainnya, maka penulis memberikan batasan sebagai berikut:

1. Proses pengeringan hanya menggunakan alat bertipe *flash dryer*.
2. Temperatur udara pengeringan dianggap konstan pada variasi 100°C, 110°C, 120°C, disebabkan *relative* sulitnya mengatur temperatur pada *air heater*, maka diberikan toleransi lebih dari 1°C dan kurang dari 1°C dari temperatur yang telah ditentukan.
3. Bahan yang digunakan adalah tepung tapioka / kanji sebanyak 2000 gr dan air 1300 ml.
4. Indikator penelitian adalah variasi ketinggian *cyclone separator* 2,5 meter, 3,5 meter, 4,5 meter.
5. Sumber panas yang digunakan adalah kompor yang digunakan untuk memanaskan *Air Heater*.
6. Kecepatan aliran udara sebesar 23 m/s.
7. Menggunakan *pulley* dengan ukuran 5 inch untuk poros *hammer mill* dan 10 inch untuk poros *screw conveyor*.
8. Menggunakan motor penggerak dengan daya sebesar 0,5 HP

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Dapat mengetahui mekanisme kerja alat pengering *flash dryer*.
2. Dapat mengetahui perbandingan variasi yang optimal antara ketinggian *cyclone separator* dan *temperature* udara terhadap hasil pengeringan tepung.
3. Memberikan pengetahuan kepada pelaku bisnis kecil menengah, bahwa alat *flash dryer* mendapatkan hasil yang lebih efisien daripada menggunakan pengeringan secara tradisional.

1.6 Tinjauan Pustaka

Yus Witdarko et al. (2016) “Pemodelan Pada Pengeringan Pneumatik Mekanis Tepung Kasava : Hubungan Koefisien Pindah Panas Dengan Variabel Pengeringan”. Menyatakan bahwa semakin besar perbedaan nilai temperatur udara pengering T_U dan temperatur bahan awal T_{bo} , maka nilai h akan semakin besar. Hal ini karena semakin besar perbedaan kedua temperatur tersebut berarti semakin banyak panas yang dapat diserap bahan atau hanya sedikit *supply* panas pengeringan yang hilang ke lingkungan, sehingga efektifitas proses pengeringan semakin meningkat.

Abadi Jading et al. (2018) “Model Matematis Pengeringan Pati Sagu pada *Pneumatic Conveying Recirculated Dryer*” menyatakan bahwa semakin tinggi silinder siklon resirkulasi bahan, maka semakin kecil kadar air akhir pati sagu basah (7-9%

(wb)). Hal ini menyebabkan waktu resirkulasi atau kontak bahan dengan udara pengering menjadi lebih lama. Dan semakin besar kadar air awal, maka semakin besar pula kadar air akhir pati sagu basah. Kadar awal pati sagu basah sangat menentukan besarnya suhu dan waktu resirkulasi bahan selama proses pengeringan. Penurunan kadar akhir pati sagu berdasarkan variasi kadar air awal bahan adalah 41% (wb) menjadi 9,83 (wb), 31% (wb) menjadi 9% (wb), dan 21% (wb) menjadi 8,17% (wb).

Joko Nugroho et al. (2012) “Proses Pengeringan Singkong (*Manihot esculenta* crantz) Parut dengan Menggunakan *Pneumatic Dryer*” menyatakan bahwa semakin tinggi suhu udara yang digunakan untuk pengeringan, maka penurunan kadar air bahan juga akan semakin besar, sehingga waktu yang dibutuhkan untuk pengeringan akan semakin cepat dikarenakan perbedaan tekanan uap antara udara dengan tekanan uap pada bahan semakin besar, sehingga perpindahan uap dari dalam bahan menuju udara sekeliling akan menjadi lebih cepat. Dan pada penelitiannya didapatkan efisiensi yang semakin turun seiring bertambahnya suhu pengeringan dikarenakan banyaknya panas yang hilang pada dinding ruang pengering.

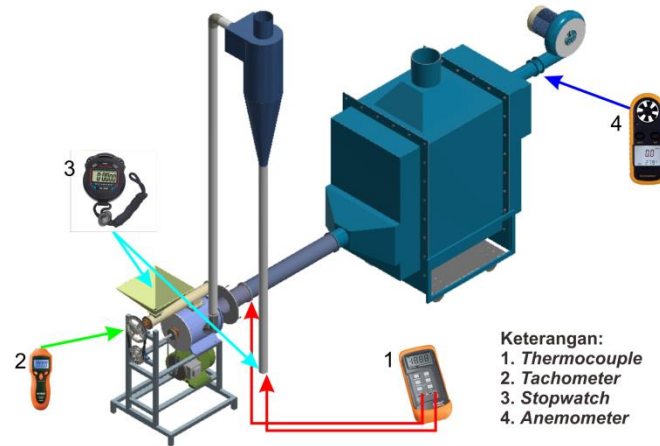
Sulaiman rasyid, 2016 ”variasi ketinggian *cyclone separator* terhadap kualitas hasil pengeringan *flash dryer* dengan menggunakan 1 cyclone dan 2 cyclone” menyatakan bahwa semakin besar ketinggian *cyclone* semakin kering tepung yang dihasilkan dan waktu yang dibutuhkan untuk proses pengeringan semakin lama.

Pondra rudyanoro, 2016 “variasi debit dan *temperature* udara pengering *flash dryer* terhadap hasil pengeringan.” Menyatakan bahwa semakin kecil variasi debit udara dan tinggi *temperature* udara maka hasil tepung semakin kering. Sedangkan semakin besar variasi debit udara dan tinggi *temperature* udara maka proses pengeringan semakin cepat, tetapi densitasnya kurang baik dikarenakan besarnya hembusan debit udara akan mempersingkat udara panas bersentuhan dengan adonan.

1.7 Dasar Teori

Pengeringan adalah suatu proses yang dilakukan untuk mengurangi kadar air pada suatu bahan sehingga dapat memperpanjang umur simpan bahan tersebut. Salah satu alat pengering adalah *flash dryer*, *pneumatic / Flash Dryer* adalah sebuah instalasi alat pengering yang digunakan untuk mengeringkan ampas (*bagasse*) yang mempunyai kandungan *moisture content* tertentu. Tujuan penggunaan alat ini adalah mengeringkan produk dan mengurangi *moisture content* produk yang semula tinggi menjadi rendah. Mesin ini mengeringkan ampas dengan mengalirkan udara panas secara berkelanjutan. Proses pengeringan yang terjadi di *Flash Dryer* berlangsung

berlangsung sangat cepat. Waktu yang dibutuhkan oleh material yang dikeringkan dari mulai masuk bejana pengering sampai keluar menjadi hasil produk pengeringan sangat cepat, oleh karena itu *pneumatic / flas dryer* juga dinamakan dengan mesin pengeringan cepat (*flash dryer*). (Arrascaeta dan P.Friedman, 1984).



Gambar 1. Skema Alat *Flash Dryer*

1.7.1 Perhitungan pada *Flash Dryer*

1. Analisa Kadar Air Awal (*Moisture Content*)

$$a. \quad Mc_1 = \frac{m_{a1}}{m_t + m_{a1}} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan :

MC_1 : Kadar Air Awal (%)

m_{a1} : Massa air awal (kg)

m_t : Massa tepung kering awal (kg)

(ASHRAE, 2017)

2. Analisa Kadar Air Akhir (*Moisture Content*)

a. Density Awal (Adonan Basah/Tepung dicampur air)

$$\rho_1 = \frac{m_1}{V_1} \quad (2)$$

Keterangan :

ρ_1 : Massa jenis Awal (kg/m^3)

m_1 : Massa adonan tepung (kg)

V_1 : Volume campuran adonan basah (L)

(Cengel, 2011)

b. Density Akhir (Tepung Kering)

$$\rho_2 = \frac{m_2}{V_2} \quad (3)$$

Keterangan :

ρ_2 : Massa jenis Akhir (kg/m^3)

m_2 : Massa tepung kering (kg)

V_2 : Volume tepung akhir (L)

(Cengel, 2011)

c. Kadar Air Akhir (Kadar Air Tepung Keluar)

$$Mc_2 = \frac{\rho_2}{\rho_1} \times Mc_1 \quad (3)$$

Keterangan :

ρ_1 : Massa jenis Awal (kg/m^3)

ρ_2 : Massa jenis Akhir (kg/m^3)

Mc_2 : Kadar Air Akhir (%)

(ASHRAE, 2017)

3. Analisa Pengurangan Massa Air Pada Tepung

a. Massa Air Akhir (setelah pengeringan)

$$m_{a2} = \frac{Mc_2}{Mc_1} \times m_{a1} \quad (4)$$

Keterangan :

m_{a2} : Massa Air Akhir (kg)

Mc_1 : Kadar Air Awal (%)

Mc_2 : Kadar Air Akhir (%)

m_{a1} : Massa air awal (kg)

(Siagian, 2008)

b. Pengurangan Massa Air (Massa Air Yang Hilang)

$$m_{air} = m_{a1} - m_{a2} \quad (5)$$

Keterangan :

m_{air} : Massa air yang hilang (kg)

m_{a1} : Massa air awal (kg)

m_{a2} : Massa air akhir (kg)

(Siagian, 2008)

4. Analisa Kalor Pengeringan

a. Laju Penguapan Air

$$\dot{m}_{air} = \frac{m_{air}}{t} \quad (6)$$

Keterangan :

\dot{m}_{air} : Laju penguapan air (kg/s)

m_{air} : Massa air yang hilang (kg)

t : Waktu tinggal (s)

b. Kalor Penguapan Air

$$Q_{air} = \dot{m}_{air} \cdot h_{fg} \quad (7)$$

Keterangan :

Q_{air} : Kalor pengeringan (J/s)

\dot{m}_{air} : Laju penguapan air (kg/s)

h_{fg} : Entalpi penguapan air (J/kg) didapatkan dari tabel uap air pada kondisi Tcm

$$T_{cm} = \frac{T_{ci} + T_{co}}{2}$$

(Cengel, 2011)

5. Analisa Kalor Yang Dihasilkan Heater

a. Debit aliran udara (*Volume Flow rate*)

$$\dot{v} = A \cdot v \quad (8)$$

Keterangan:

\dot{v} : *Volume Flow Rate* (m³/s)

A : Luas penampang saluran udara masuk blower (m²)

v : Kecepatan aliran udara (m/s)

(Cengel, 2011)

b. Laju Aliran Udara Panas

$$\dot{m}_h = \dot{v} \cdot \rho \quad (9)$$

Keterangan :

\dot{m}_h : Laju Aliran Udara Panas (kg/s)

\dot{v} : *Volume Flow Rate* (m³/s)

ρ : Massa jenis udara panas (kg/m³), lihat tabel aliran udara panas pada kondisi Thm

$$\text{Didapatkan dari } T_{hm} = \frac{T_1 + T_2}{2}$$

(Cengel, 2011)

c. Kalor yang dihasilkan *air heater*

$$Q_h = \dot{m}_h \cdot C_{p_h} \cdot \Delta T_h \quad (10)$$

Keterangan :

Q_h : Kalor yang dihasilkan *heater* (J/s)

\dot{m}_h : Laju Aliran Udara Panas (kg/s)

C_{p_h} : kalor Jenis Udara Panas (J/Kg°C) lihat tabel
aliran udara panas pada kondisi T_{hm}

Didapatkan dari $T_{hm} = \frac{T_1 + T_2}{2}$

ΔT_h : Perubahan temperatur udara panas ($T_2 - T_1$)

(K)

(Cengel, 2011)

6. Analisa Kalor Tepung

a. Laju Penguapan tepung

$$\dot{m}_p = \frac{m_t + m_{a1}}{t} \quad (11)$$

Keterangan :

\dot{m}_p : laju penguapan tepung (kg/s)

m_{a1} : Massa air awal (kg)

m_t : Massa tepung kering awal (kg)

t : waktu tinggal (s)

b. *Specific Heat* Tepung

Specific Heat untuk tepung tidak mempunyai acuan pada tabel, sehingga dicari menggunakan rumus berikut ini :

$$C_{p_p} = 0,014 \left(\frac{MC_2}{1 + MC_2} \right) + 0,005 T_{pm} + 0,965 \quad (12)$$

$$T_{pm} = \frac{T_{pi} + T_{po}}{2} \quad (13)$$

Keterangan :

C_p : Kalor Jenis tepung (J/KgK)

MC_2 : Kadar Air Akhir

T_{pm} : Temperatur rata-rata (K)

T_{pi} : Temperatur ruangan (K)

T_{po} : Temperatur akhir hasil pengeringan (K)

c. Kalor Penguapan Tepung

$$Q_p = \dot{m}_p \cdot C_{p_p} \cdot \Delta T_p \quad (14)$$

Keterangan :

Q_p : Kalor jenis tepung (J/s)

\dot{m}_p : Laju Aliran penguapan tepung (kg/s)

C_{p_p} : kalor Jenis tepung (J/KgK)

ΔT_p : Perubahan temperatur udara panas

$(T_{\text{kamar}} - T_2)$ (K)

7. Efisiensi Pengeringan

$$\eta = \frac{MC_2}{MC_1} \times 100\% \quad (15)$$

Keterangan :

η : Efisiensi Pengeringan (%)

MC_1 : Kalor fluida pendingin (J/s)

MC_2 : Kalor fluida panas (J/s)

2. METODE

2.1 Bahan Penelitian

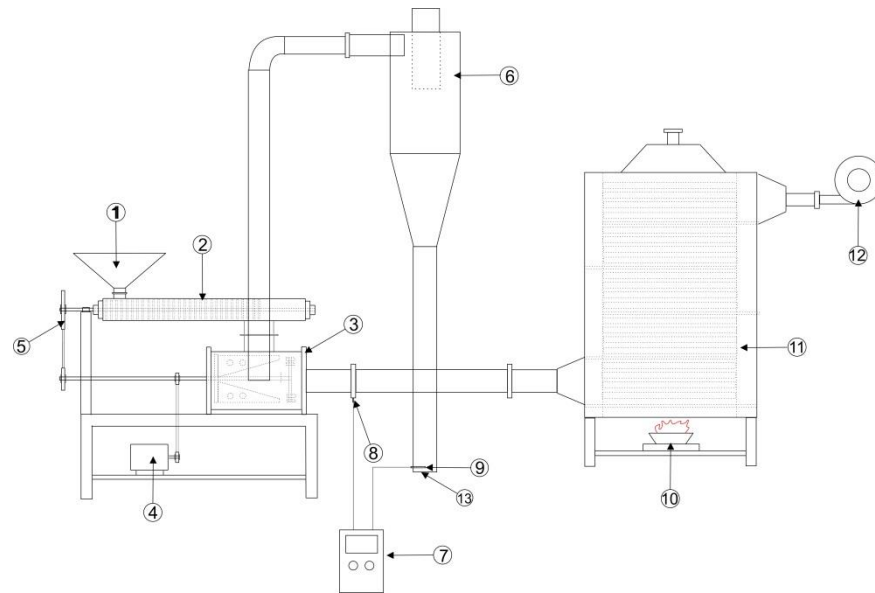
1. Udara
2. Air
3. Gas LPG
4. Tepung Tapioka

2.2 Alat Penelitian

1. Alat *Flash Dryer*
2. *Air Heater*
3. *Blower*
4. Kompor Gas
5. Motor Listrik
6. *Pulley dan V-Belt*
7. *Screw Conveyor*
8. *Hammer Mill*
9. *Inlet Screw Conveyor*
10. *Cyclone Separator*
11. Ember
12. *Thermocouple*
13. *Anemometer*

14. *Stopwatch*
15. *Timbangan*
16. *Tachometer*
17. *Gelar Ukur*

2.3 Instalasi Penelitian

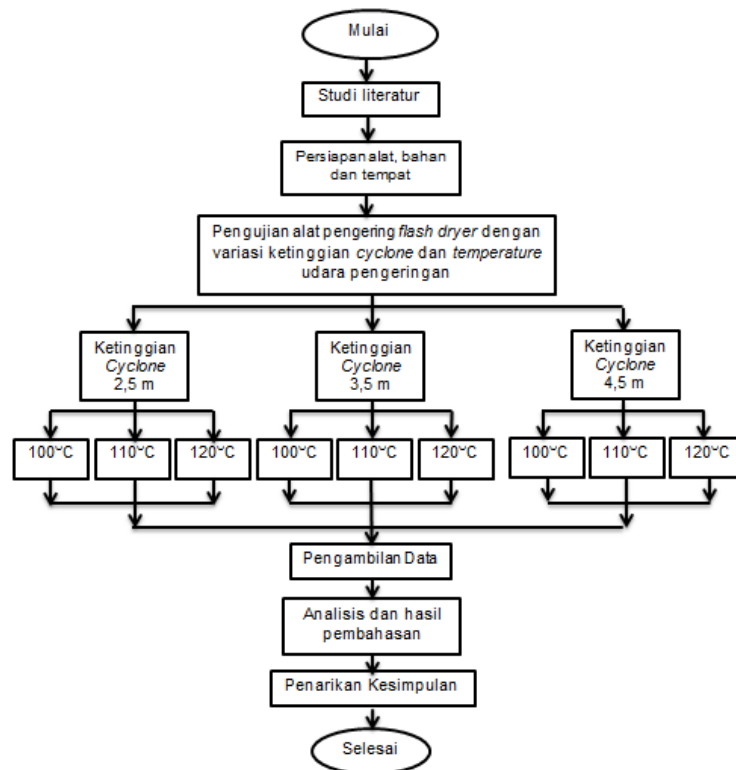


Keterangan:

- | | |
|-----------------------------|--|
| 1. <i>Inlet tepung</i> | 8. <i>Pemasangan probe thermocouple (T_1)</i> |
| 2. <i>Screw conveyor</i> | 9. <i>Pemasangan probe thermocouple (T_2)</i> |
| 3. <i>Hammer mill</i> | 10. <i>Kompor</i> |
| 4. <i>Motor listrik</i> | 11. <i>Pipa Heat Exchanger</i> |
| 5. <i>Pully</i> | 12. <i>Blower</i> |
| 6. <i>Cyclone separator</i> | 13. <i>Outlet tepung</i> |
| 7. <i>Thermocouple</i> | |

Gambar 2. Intalasi Alat *Flash Dryer*

2.4 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

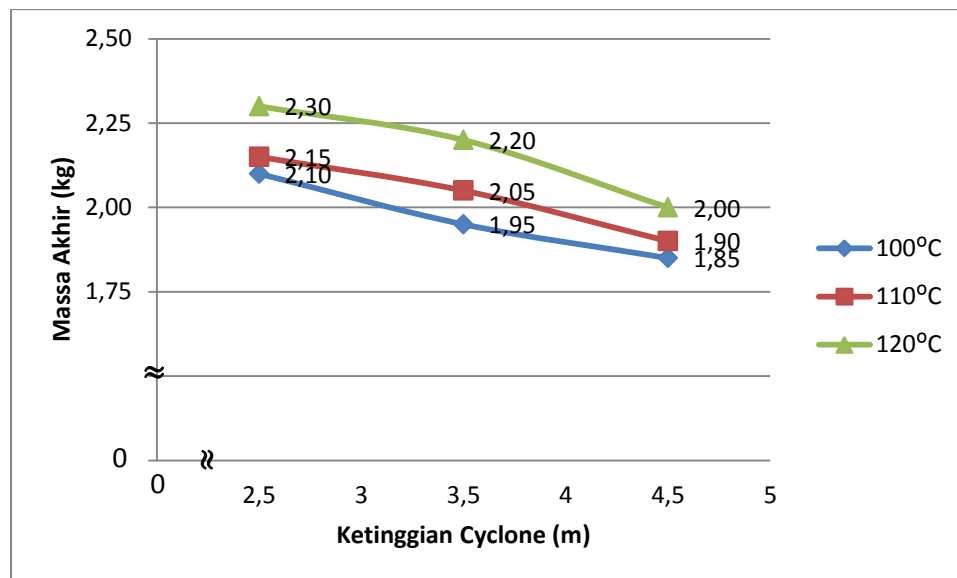
2.5 Prosedur Penelitian

1. Menyiapkan alat dan bahan yang akan digunakan untuk pengujian pengeringan menggunakan *flash dryer*, serta memastikan alat ukur berfungsi dengan baik.
2. Memasang alat *flash dryer* dan alat ukur yang akan digunakan sesuai dengan instalasi serta memastikan terpasang dengan benar.
3. Menyalakan kompor pemanas untuk memanaskan *air heater*
4. Menunggu *air heater* panas hingga mendekati *temperature* yang diinginkan.
5. Menyalakan *blower* sebagai penyuplai udara untuk mengalirkan udara panas yang diperoleh dari pemanasan *air heater* dan menyalakan motor listrik untuk menggerakkan *hammer mill* dan *screw conveyor*.
6. Menimbang tepung tapioka dengan komposisi 2kg dan air 1,3L, kemudian dicampur antara tepung dengan air sehingga akan terbentuk adonan tepung basah.
7. Setelah *temperature* sudah sesuai yang diinginkan, memasukkan adonan tepung basah ke dalam *inlet screw conveyor*.

8. Menyalakan *stopwatch* untuk menghitung waktu tepung masuk ke dalam *inlet screw conveyor* sampai tepung kering keluar dari *outlet cyclone separator*.
9. Memastikan *temperature* udara pengeringan (T_1) udara agar tetap konstan sesuai yang diinginkan dan mencatat *temperature* udara pada *outlet cyclone separator* (T_2).
10. Menghitung waktu hingga tepung berhenti keluar dengan *outlet cyclone separator*.
11. Pindahkan tepung dalam gelas ukur untuk menghitung volume dan menimbang berat tepung hasil pengujian.
12. Mengulangi percobaan untuk variasi ketinggian *cyclone separator* dengan *temperature* udara pengeringan yang telah ditentukan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengaruh Ketinggian *Cyclone* dan Temperatur Udara Pengeringan Terhadap Kuantitas Massa Akhir Tepung Keluar

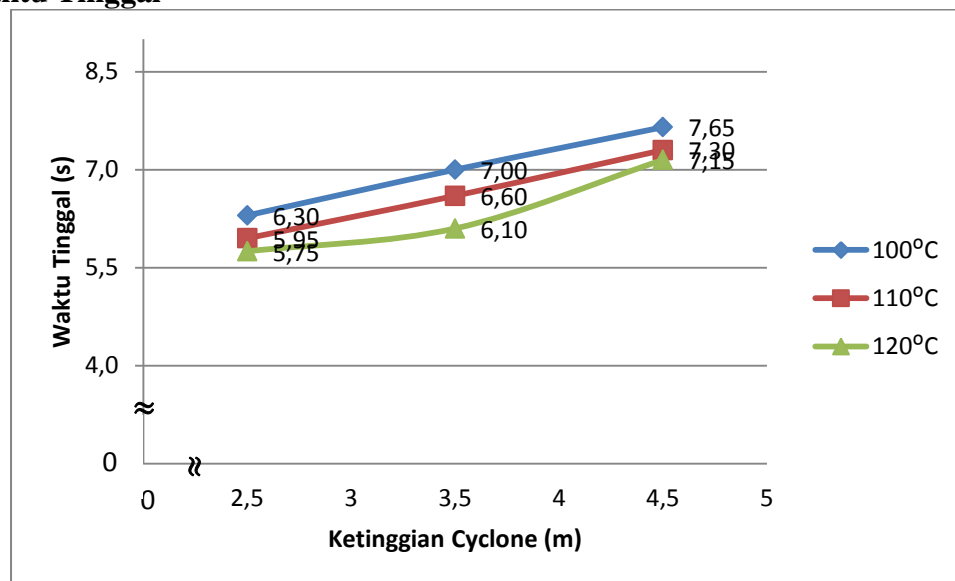


Gambar 4 Hubungan Antara Ketinggian *Cyclone* dan Temperatur Udara Pengeringan Terhadap Kuantitas Massa Akhir Tepung Keluar

Dari gambar 4 dapat diketahui bahwa *trendline* kuantitas tepung yang keluar dari grafik tersebut mengalami penurunan seiring semakin besar ketinggian *cyclone*.. kuantitas massa tepung keluar dapat mencapai kondisi optimum adalah pada saat ketinggian 2,5 meter dengan temperatur 120°C sebesar 2,1kg. Sedangkan mencapai kondisi minimum terjadi pada ketinggian 4,5 meter dengan temperatur 100°C sebesar 1,85kg. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi ketinggian *cyclone* maka kuantitas tepung yang keluar semakin sedikit. Hal ini

disebabkan semakin panjang / tinggi pipa maka semakin lama terjadi kontak antara tepung dengan udara panas yang menyebabkan tepung akan semakin kering. Namun semakin tinggi temperatur udara pengeringan mengakibatkan tepung akan semakin kering dan dapat keluar dengan kuantitas massa yang semakin besar, hal ini dikarenakan semakin rendah temperatur udara pengeringan maka proses pengeringan akan menjadi lebih lambat, sehingga adonan tepung basah yang seharusnya kering lebih cepat akan mengalami perlambatan pengeringan menyebabkan *inlet hammer mill* dan *outlet cyclone* akan tertutup oleh adonan tepung yang mengeras didaerah saluran tersebut. Sesuai dengan penelitian tentang ketinggian *cyclone* terdahulu, menurut Pondra Rudyantoro (2016), semakin tinggi ketinggian pipa maka kontak proses pengeringan semakin lama, sehingga hasilnya tepung akan lebih kering dan waktu yang dibutuhkan untuk proses pengeringan semakin lama.

3.2 Pengaruh Ketinggian *Cyclone* dan Temperatur Udara Pengeringan Terhadap Waktu Tinggal

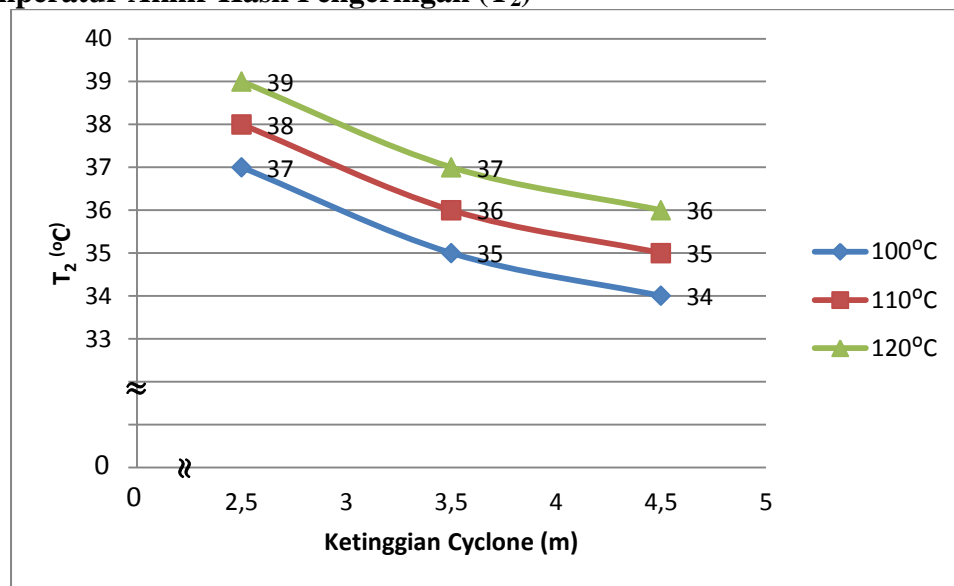


Gambar 5 Hubungan Antara Ketinggian *Cyclone* Dan Temperatur Udara Pengeringan Terhadap Waktu Tinggal

Dari gambar 5 dapat diketahui bahwa *trendline* dari gambar tersebut mengalami peningkatan seiring bertambah tinggi ketinggian *cyclone*. Pada pengujian ini yang memiliki waktu tinggal paling kecil adalah saat berada pada ketinggian *cyclone* 2,5 meter dengan temperatur 120°C sebesar 5,60 detik, sedangkan waktu tinggal paling besar terjadi pada ketinggian 4,5 meter dengan temperatur 100°C sebesar 7,65 detik. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin

tinggi ketinggian *cyclone* dan temperatur udara pengeringan maka waktu tinggal akan semakin besar, hal ini disebabkan semakin tinggi *cyclone* maka perjalanan tepung untuk keluar dari *outlet cyclone* juga akan semakin panjang, Dan semakin tinggi temperatur yang diberikan akan mempercepat proses perpindahan massa dan panas sehingga waktu tinggal juga akan semakin turun. Sesuai dengan penelitian A. Jading et al. (2017) yang menyatakan bahwa penambahan tinggi silinder *cyclone* menyebabkan laju evaporasi yang lebih tinggi.

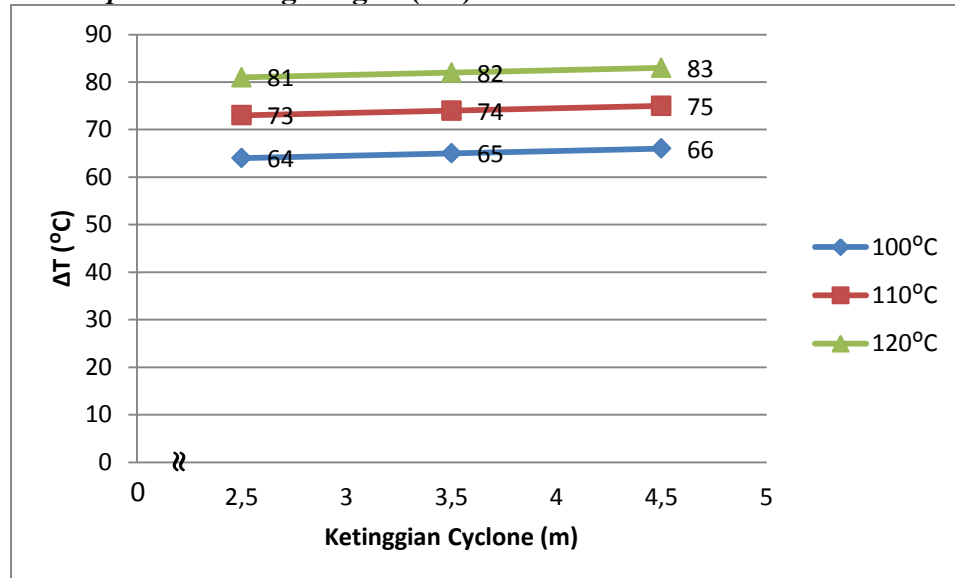
3.3 Pengaruh Ketinggian Cyclone dan Temperatur Udara Pengeringan Terhadap Temperatur Akhir Hasil Pengeringan (T_2)



Gambar 6 Hubungan Antara Ketinggian *Cyclone* Dan Temperatur Udara Pengeringan Terhadap Temperatur Akhir Pengeringan (T_2)

Dari gambar 6 dapat diketahui bahwa *trendline* temperatur akhir pengeringan (T_2) mengalami penurunan seiring bertambahnya ketinggian *cyclone*. Temperatur akhir pengeringan mengalami nilai maksimum pada ketinggian 2,5 meter dengan temperatur 120°C yaitu sebesar 39°C, dan mengalami kondisi minimum pada ketinggian 4,5 meter dengan temperatur 100°C sebesar 34°C. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi ketinggian *cyclone* dan temperatur udara pengeringan maka temperatur akhir pengeringan (T_2) akan semakin turun, hal ini dikarenakan semakin tinggi *cyclone* kontak antara udara panas pengeringan dengan adonan tepung akan terjadi dalam waktu yang cukup lama, sehingga mengalami penguapan yang lebih baik.

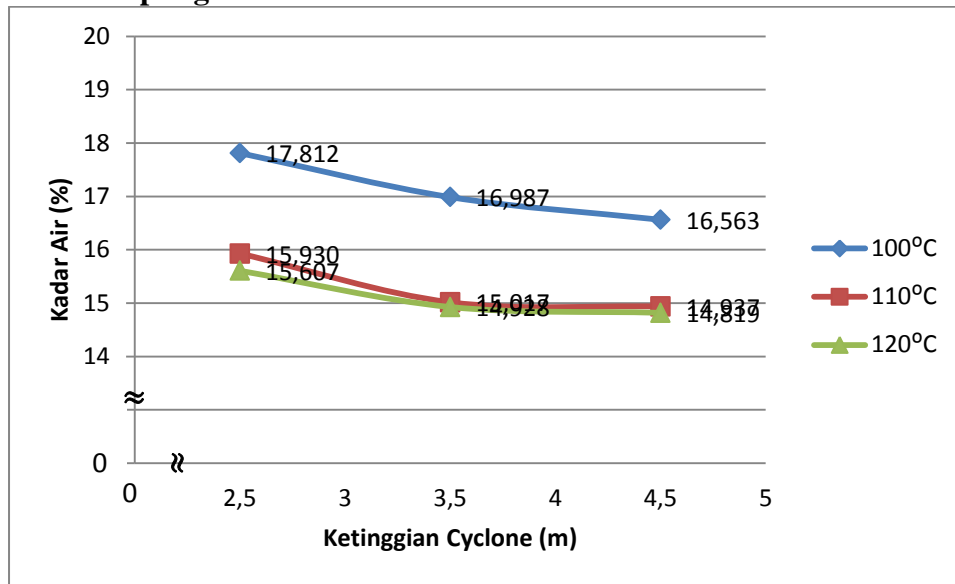
3.4 Pengaruh Ketinggian *Cyclone* dan Temperatur Udara Pengeringan Terhadap Selisih *Temperature* Pengeringan (ΔT)



Gambar 7 Hubungan Antara Ketinggian *Cyclone* Dan Temperatur Udara Pengeringan Terhadap Selisih *Temperature* Pengeringan (ΔT)

Dari gambar 7 dapat diketahui bahwa *trendline* selisih temperatur pengeringan (ΔT) meningkat seiring bertambahnya ketinggian *cyclone*. Kondisi (ΔT) mengalami temperatur paling tinggi adalah saat ketinggian *cyclone* 4,5 meter pada temperatur pengeringan 120°C sebesar 84°C, sedangkan (ΔT) mengalami kondisi minimum saat ketinggian *cyclone* 2,5 meter pada temperatur 100°C sebesar 63°C. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi ketinggian *cyclone* dan temperatur udara pengeringan maka selisih *temperature* pengeringan (ΔT) akan semakin besar. Hal ini disebabkan oleh temperatur udara pengeringan yang diberikan pada setiap pengujian adalah semakin tinggi, sedangkan untuk temperatur akhir pengeringan (T_2) adalah semakin turun, maka selisih temperatur awal dengan temperatur akhir pengeringan menjadi semakin besar.

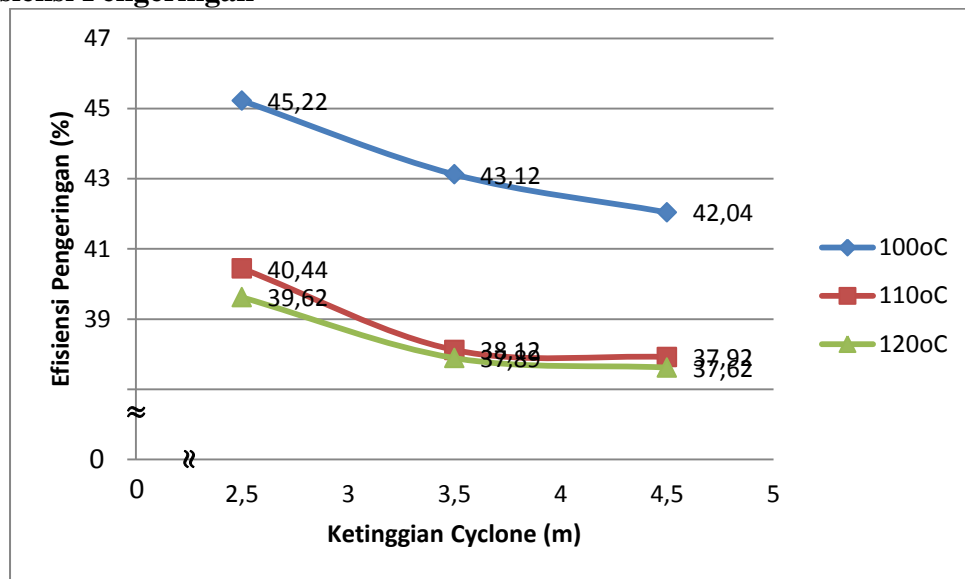
3.5 Pengaruh Ketinggian *Cyclone* dan Temperatur Udara Pengeringan Terhadap Kadar Air Tepung



Gambar 8 Hubungan Antara Ketinggian *Cyclone* Dan Temperatur Udara Pengeringan Terhadap Kadar Air

Dari gambar 8 dapat diketahui bahwa *trendline* kadar air tepung mengalami penurunan seiring meningkatnya ketinggian *cyclone*. Kadar air mencapai kondisi optimum terjadi pada ketinggian *cyclone* 4,5 meter pada temperatur 120°C sebesar 14,651%, sedangkan kadar air mencapai kondisi minimum atau mempunyai kadar air terbesar terjadi pada ketinggian 2,5 meter pada temperatur 100°C sebesar 17,812%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi ketinggian *cyclone* dan temperatur udara pengeringan, maka kadar air yang diperoleh akan semakin sedikit. Hal ini dikarenakan semakin tinggi *cyclone* dan temperatur udara pengeringan akan menyebabkan kontak antara bahan dengan udara panas bertemperatur yang semakin tinggi membuat penguapan air pada bahan semakin besar dan berlangsung dalam waktu yang lama akibat perjalanan proses pengeringan pada pipa *cyclone*, sehingga proses penguapan kadar air yang terkandung dalam bahan akan semakin besar. A. Jading dkk 2018 yang menyatakan bahwa penambahan tinggi silinder *cyclone* resirkulasi bahan menyebabkan waktu resirkulasi atau kontak bahan dengan udara pengering menjadi lebih lama. Laju perpindahan panas dan massa dalam siklon menyebabkan laju evaporasi yang lebih tinggi, sehingga mempercepat penurunan kadar air bahan.

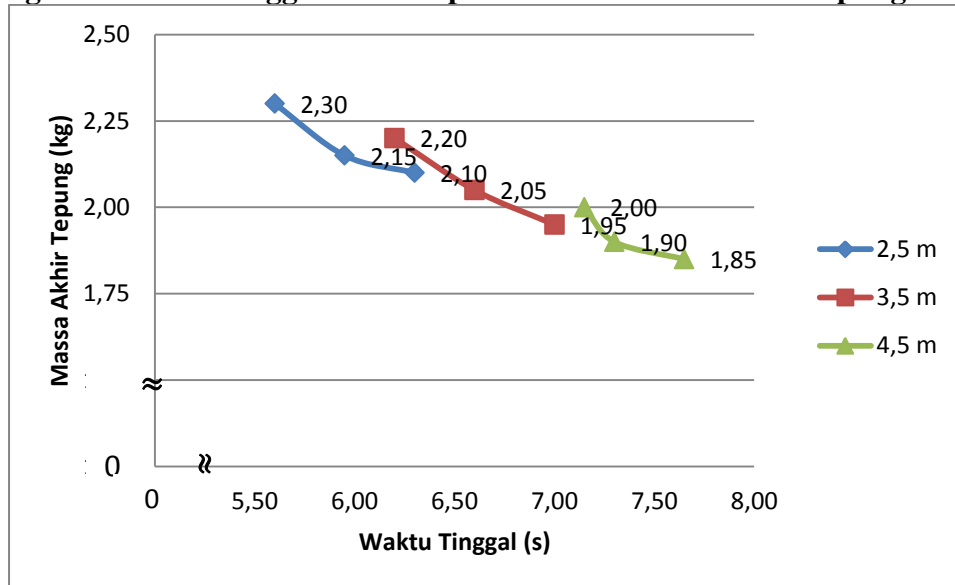
3.6 Pengaruh Ketinggian *Cyclone* dan Temperatur Udara Pengeringan Terhadap Efisiensi Pengeringan



Gambar 4.6 Hubungan Antara Ketinggian *Cyclone* dan Temperatur Udara Pengeringan Terhadap Efisiensi Pengeringan

Dari gambar 9 dapat di ketahui bahwa *trendline* efisiensi Kalor semakin menurun seiring meningkatnya ketinggian *cyclone*. Efisiensi kalor mencapai kondisi maksimum terjadi pada ketinggian *cyclone* 2,5 meter dengan temperatur 100°C sebesar 10,356 (%), sedangkan mencapai kondisi minimum terjadi pada ketinggian 4,5 meter dengan temperatur 120°C sebesar 9,062 (%). Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi ketinggian *cyclone* dan temperatur udara pengeringan, maka efisiensi kadar air akhir yang didapatkan akan semakin sedikit. Hal ini akan menyebabkan tepung mengalami proses pengeringan yang lebih lama dengan suhu yang tinggi, sehingga akan mempercepat pengeringan dan kadar air akan berkurang semakin banyak.

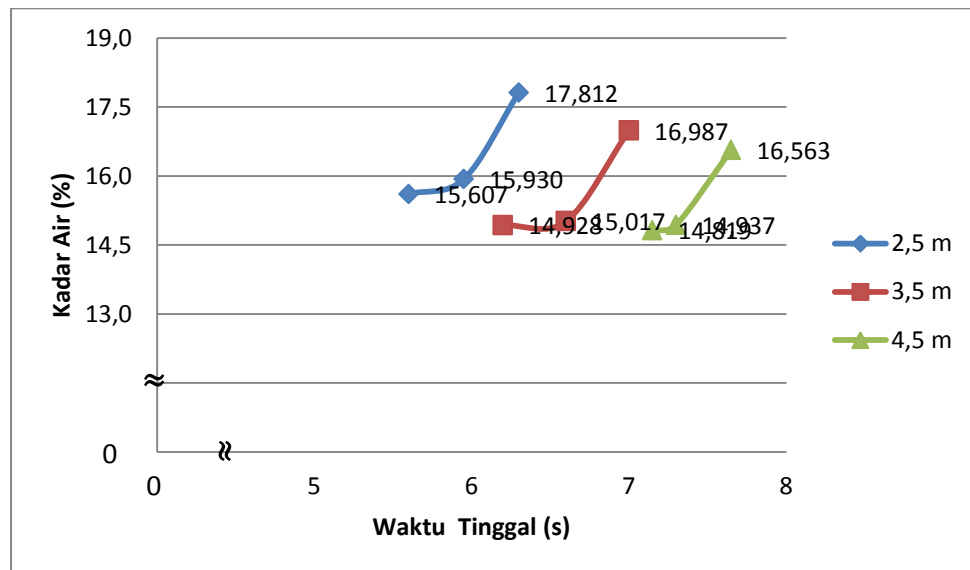
3.7 Pengaruh Waktu Tinggal Terhadap Kuantitas Massa Akhir Tepung



Gambar 10 Hubungan Antara Waktu Tinggal terhadap Kuantitas Massa Akhir Tepung

Dari gambar 10 dapat diketahui bahwa *trendline* massa akhir tepung yang keluar adalah semakin menurun seiring meningkatnya waktu tinggal dan tinggi *cyclone*. Massa akhir tepung yang keluar mencapai kondisi maksimum terjadi pada ketinggian *cyclone* 2,5 meter yaitu 2,30 kg dengan waktu tinggal sebesar 5,60 detik, sedangkan mencapai kondisi minimum terjadi pada ketinggian 4,5 meter yaitu 1,85 kg dengan waktu tinggal sebesar 7,65 detik. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin besar ketinggian *cyclone* dan semakin lama waktu tinggal, maka massa akhir tepung yang keluar akan semakin sedikit. Hal ini dikarenakan semakin tinggi *cyclone* maka perjalanan tepung menuju *outlet cyclone* akan semakin membutuhkan waktu yang lebih lama, hal tersebut menyebabkan tepung akan semakin lama mengalami kontak dengan udara panas dan akan mengalami proses pengeringan yang lebih lama.

3.8 Pengaruh Waktu Tinggal Terhadap Kadar Air Akhir Tepung



Gambar 11 Hubungan Antara Waktu Tinggal terhadap Kadar Air Akhir Tepung

Dari gambar 11 dapat diketahui bahwa *trendline* kadar air mengalami penurunan seiring meningkatnya waktu tinggal dan ketinggian *cyclone*. Kadar air mencapai kondisi optimum terjadi pada ketinggian *cyclone* 4,5 meter yaitu 14,651% dengan waktu tinggal sebesar 7,15 detik, sedangkan mencapai kondisi minimum atau mempunyai kadar air terbesar terjadi pada ketinggian 2,5 meter yaitu 17,812% dengan waktu tinggal sebesar 6,30 detik. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin lama waktu tinggal dan semakin besar ketinggian *cyclone*, maka kadar air yang diperoleh akan semakin sedikit. Hal ini dikarenakan semakin tinggi *cyclone* dan semakin lama waktu tinggal butiran-butiran tepung akan mengalami kontak dengan udara panas selama proses perjalanan melewati pipa menuju *cyclone*, di pipa inilah tepung akan mengalami kontak secara langsung dan akan mengalami penguapan yang semakin besar, sehingga kadar air yang terkandung akan semakin sedikit. Sesuai dengan penelitian A.Jading, 2018 yang menyatakan bahwa semakin tinggi silinder *cyclone* resirkulasi bahan, maka kadar air semakin kecil kadar air pati. Penambahan tinggi silinder *cyclone* resirkulasi bahan menyebabkan waktu resirkulasi atau kontak bahan dengan udara pengering menjadi lebih lama, laju perpindahan panas dan massa dalam *cyclone* menyebabkan laju evaporasi yang lebih tinggi, sehingga mempercepat penurunan kadar air bahan.

4. PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis data yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan:

1. Semakin tinggi *cyclone separator* maka kuantitas tepung kering yang keluar semakin sedikit, dan semakin tinggi temperatur udara pengeringan maka kuantitas tepung yang keluar semakin besar. Kuantitas massa tepung keluar dapat mencapai kondisi optimum adalah pada saat ketinggian 2,5 meter dengan temperatur 120°C sebesar 2,1kg.
2. Semakin tinggi *cyclone separator* dan temperatur udara pengeringan, maka temperatur akhir pengeringan (T_2) semakin turun. Temperatur akhir pengeringan mengalami kondisi maksimum paling panas adalah pada ketinggian 2,5 meter dengan temperatur 120°C yaitu sebesar 39°C
3. Semakin tinggi *cyclone separator* maka waktu tinggal akan semakin besar, dan semakin tinggi temperatur udara pengeringan maka waktu tinggal yang diperoleh adalah semakin sedikit. waktu tinggal mengalami kondisi paling cepat terjadi pada saat berada pada ketinggian *cyclone* 2,5 meter dengan temperatur 120°C sebesar 5,60 detik.
4. Semakin tinggi *cyclone separator* dan temperatur udara pengeringan maka kadar air bahan yang diperoleh adalah semakin sedikit. Kadar air mencapai kondisi optimum terjadi pada ketinggian *cyclone* 4,5 meter pada temperatur 120°C sebesar 14,651%,

4.2 Saran

1. Pengukuran volume tepung kering harus lebih teliti, sehingga jika dimasukkan kedalam perhitungan tidak mendapatkan hasil yang kurang presisi dan cenderung *fluktuatif* tidak sesuai dengan teori.
2. Dalam menghitung kadar air sebaiknya menggunakan alat pengukur kadar air bahan, dikarenakan untuk penghitungan kadar air secara manual sangatlah sulit, sebab *properties* dari *specific heat* (C_p)tepung tidak ada standarisasi.
3. *Screw conveyor* perlu dimodifikasi untuk ditambah sirip agar adonan tepung dapat jatuh ke *hammer mill* lebih lancar dan tidak menyumbat saluran *inlet* menuju *hammer mill*.

4. Harus mengetahui kapasitas maksimal mesin terhadap massa yang akan dikeringkan agar mesin dapat bekerja secara optimal.

PERSANTUNAN

Alhamdulillah *rabbi'l'alam*, segala puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini yang berjudul **“Studi Eksperimen Flash Dryer Dengan Variasi Ketinggian Cyclone Separator Dan Temperatur Udara Pengeringan Terhadap Kualitas Hasil Pengeringan Tepung Tapioka Dengan Massa 2kg”**.

Selama penulis menyusun laporan tugas akhir, penulis memperoleh bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Bapak Suwignyo, S.T. dan Ibu Istinah yang senantiasa memberikan doa, restu, dukungan serta motivasi dalam segala hal, sehingga penulis dapat menjadi seorang yang kuat dan pantang menyerah dalam menghadapi segala kepentingan baik akademik maupun non akademik.
2. Nenek ibu Karsipah dan Adik Andyka Firdaus Ramadhani yang senantiasa memberi doa dan semangat kepada penulis dalam menyelesaikan masa perkuliahan.
3. Bapak Ir. Sartono Putro, M.T. selaku Pembimbing Tugas Akhir yang telah dengan sabar memberikan bimbingan dan arahan selama menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Ir. Sri Sunarjono, M.T.,Ph.D. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
5. Bapak Ir. Subroto, M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
6. Bapak Ir. Sunardi Wiyono, M.T. selaku sekretaris Jurusan Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
7. Bapak Patna Partana, S.T., M.T. selaku Pembimbing Akademik yang telah sabar memberikan arahan, membimbing dan memberikan motivasi selama masa perkuliahan, sehingga penulis dapat menyelesaikan masa perkuliahan dengan semangat dan lancar.
8. Bapak Nurmuntaha Agung Nugroho, S.T., M.T. selaku sekretaris Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta yang telah sangat membantu penulis dalam administrasi mengenai Tugas Akhir dan telah memberi semangat kepada mahasiswa dalam menyelesaikan masa perkuliahan.

9. Jajaran Dosen dan staf Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta yang telah senantiasa memberikan bekal ilmu dan pengalaman selama menyelesaikan masa perkuliahan.
10. Teman seperjuangan Teknik Mesin Angkatan 2015 yang telah menjadi keluarga yang solid.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa penyusunan tugas akhir ini masih jauh dari sempurna yang disebabkan keterbatasan dan kekurangan penulis. Maka dari itu saran dan kritik yang membangun sangat penulis butuhkan demi kesempurnaan laporan ini.

Semoga tugas akhir ini dapat diterima dan menjadi bermanfaat dalam pengembangan pengetahuan pada bidang teknologi.

DAFTAR PUSTAKA

- Achadah, Nur. 2017. **Studi Eksperimen Pengaruh Laju Aliran Massa Dan Ukuran Bagasse Terhadap Kualitas Pengeringan Bagasse Pada Mesin Pengering Tipe Pneumatic / Flash Dryer**. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. 9, 19-20, 46-50.
- ASHRAE. 2017. **Handbook – Fundamentals (SI Edition), American society of heating, refrigerating and air-conditioning engineers, INC.**
- Cengel, Y. 2011. **HEAT TRANSFER-A Practical Approach. Architecture Principles**. 85-109.
- Jading, abadi, et. al.. 2018. **Model Matematis Pengeringan Pati Sagu Pada Pneumatic Conveying Recirculated Dryer**. *Agritech*,38(2):181,222-223.
- Kusharjanto, bambang, dkk. 2013. **Rancang Bangun Prototype Flash Dryer Untuk Pengeringan Tepung Mocaf**. Simposium Nasional RAPI XII – 2013 FT UMS, M-75.
- Moreno, Fabian L, et. al.. 2014. **Mathematical Simulation Parameters For Drying Of Casava Starch Pellets**. *Eng.Agric., Jaboticabal*. 34(6) : 1243.
- Nugroho, Joko, et. al.. 2012. **Proses Pengeringan Singkong (Manihot Esculenta Crantz) Parut Dengan Menggunakan Penumatic Dryer**. Dalam : Prosiding Seminar Nasional Perteta 2012. Denpasar, 13-14 Juli.

- Rasyid, Sulaiman. 2016. **Variasi Ketinggian Cyclone Separator Terhadap Kualitas Hasil Pengeringan Fash Dryer Dengan Menggunakan 1 Cyclone Dan 2 Cyclone.** Universitas Muhammdiyah Surakarta.
- Rudyantoro, Pondra. 2016. **Variasi Debit Dan Temperatur Udara Pengering Flash Dryer Terhadap Hasil Pengeringan.** Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Soyoye, B.O. , et al. 2015. **Development and performance of a mini horizontal flash dryer.** *Agric Eng Int : CIGR Journal Open*, 17(1) : 213.
- S, Puntanta Siagian. 2008. **Pengeringan Pada Produk (Tapel) dengan Microwave, (Pre-Treatment : Kamar Pendingin).** FT UI.
- Taufiq, Muchamad. 2004. **Pengaruh Temperatur Terhadap Laju Pengeringan Jagung Pada Pengering Konvensional Dan Fluidized Bed.** Universitas Sebelas Maret.
- Witdarko, yus, et. al. 2016. **Pemodelan Pada Pengeringan Penuatik Mekanis Tepung Kasava : Hubungan Koefisien Pindah Panas Dengan Variabel Pengeringan.** *Agritech*,36(3):366.